

波分光网络的发展趋势

中兴通讯

Talking to the future

提纲

- 波分光网络的新需求
- 波分智能光网络WSON
- 40G应用与技术选择
- 100G的挑战

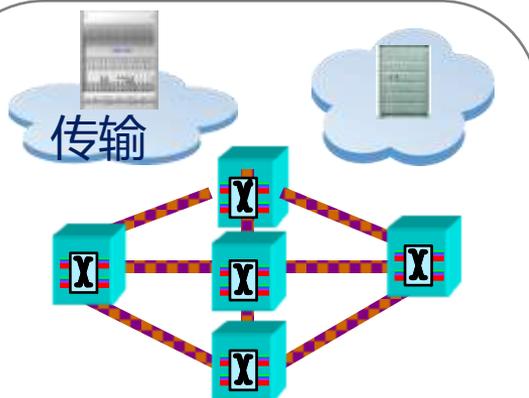
波分光网络的需求__智能化

our broadband customers want more

- +** tv with better definition and quality
- +** movies and programs on VOD or download
- +** video games download or network
- +** pictures or videos on line for digital camera or video recorder owners
- +** blogs mass market and professional
- +** services at the same instant need increase with family size
- +** use of residential gateway (evolve residential network with the complexity & services)

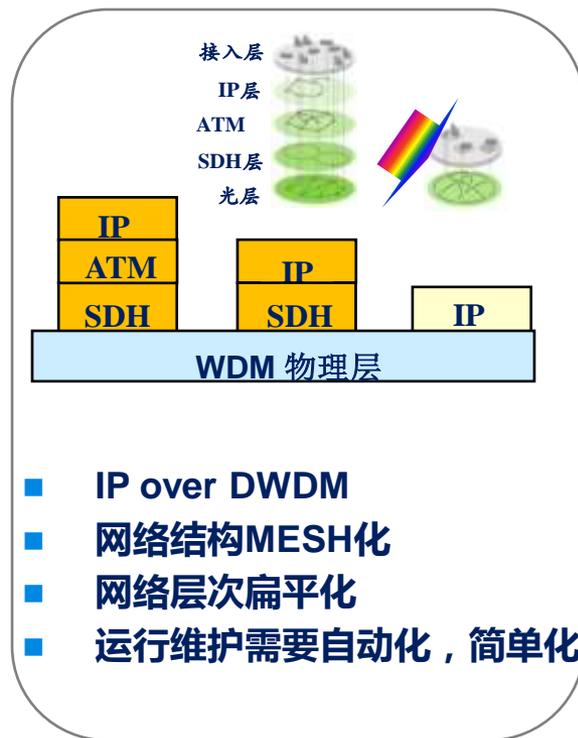
- FMC
- 接入宽带化：FTTx、3G 移动宽带无线接入
- 业务IP化

业务发展



- DWDM大容量，长距离传输
- 多维ROADM
- 大容量OTN交叉
- 控制协议标准的成熟GMPLS

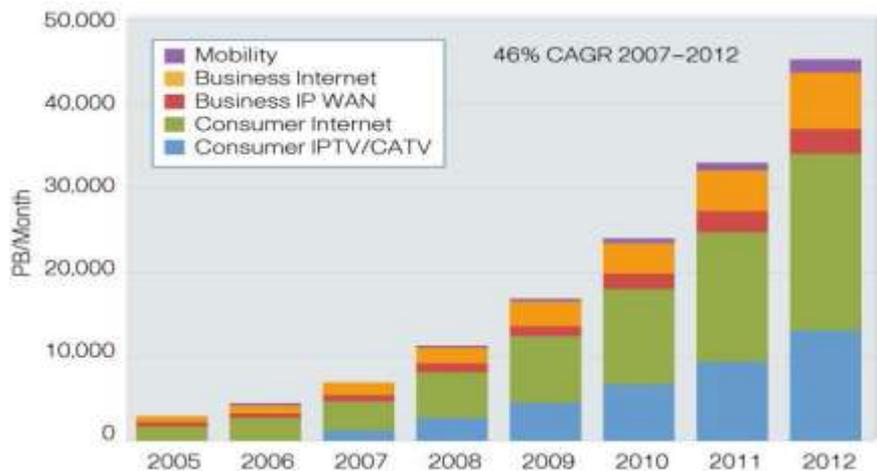
技术进步



- IP over DWDM
- 网络结构MESH化
- 网络层次扁平化
- 运行维护需要自动化，简单化

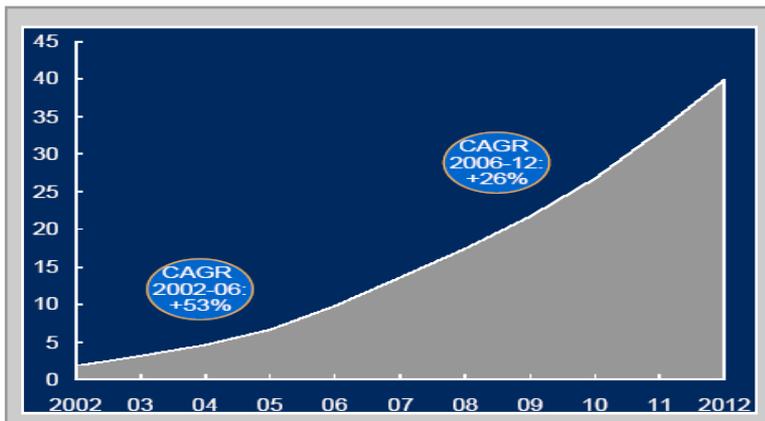
网络的演进

波分光网络的需求__40G/100G (1)



Source: Cisco, 2008

长途传送带宽流量



Source: Gartner

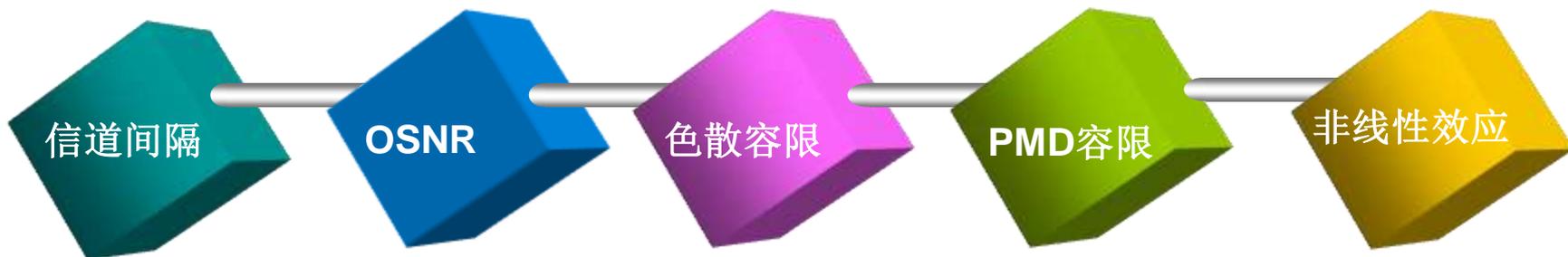
- 接入、城域约3年3倍
- 骨干近5年3倍
- 传输带宽扩展方式：
 - ◆ 增大波长数
 - ◆ 建设新系统
 - ◆ 提高单通道速率

08年40G启动，从需求预测2011-13年100G市场会启动。

波分光网络的需求__40G/100G系统要求 (2)

- 无电中继传输距离**1500km**以上
- 支持**50GHz**波长间隔
- 兼容现存的波分系统架构和设计规则
- 相当或更优的CD和PMD容限
- 支持多个ROADM级联
- 比10G系统更低比特成本

40G/100G 波分系统面临的挑战



■50GHz间隔 DWDM系统已成为主流，40G/100G系统必须采用高频谱效率的码型。

■OSNR：相同码型下，40G/100G要求高6dB/10dB，采用低OSNR容限的码型，高编码增益的FEC算法。

■CD容限：相同条件下，40G/100G色散容限为10G系统的1/16或1/100，必须要采用自适应色散补偿技术（TDC）。

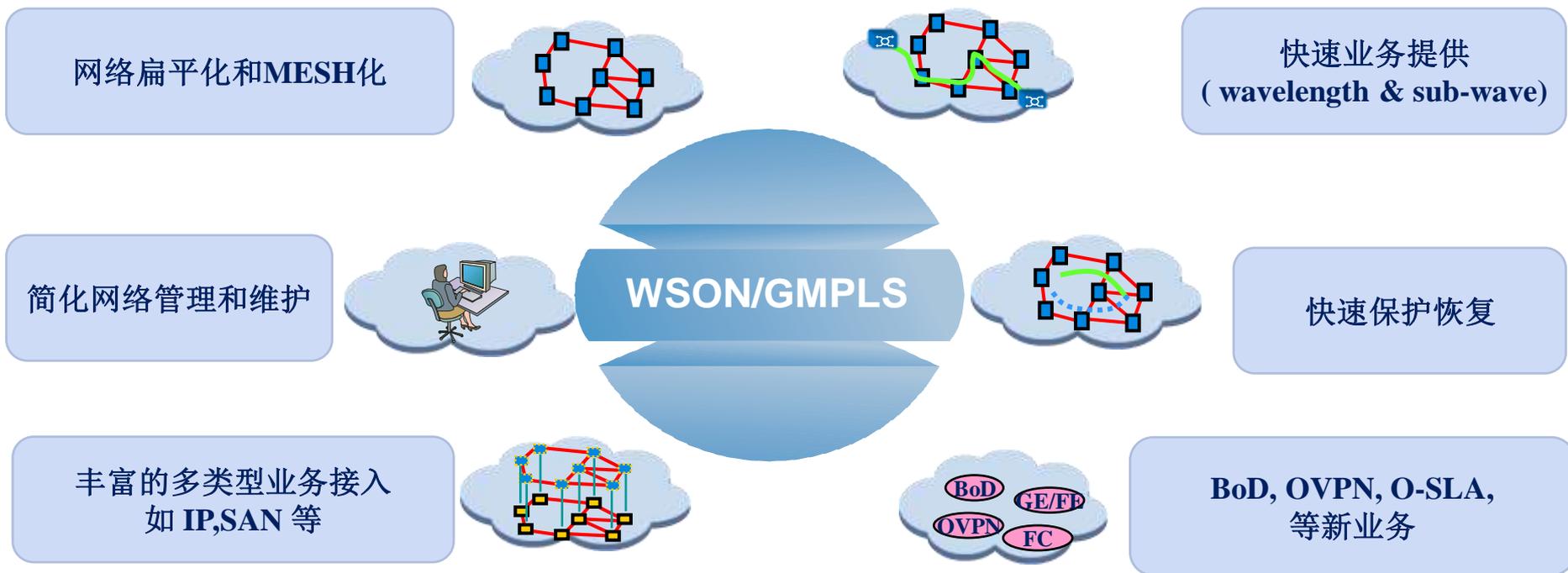
■PMD容限：相同条件下，40G/100G的PMD容限为10G系统的1/4或1/10，40G要采用高PMD容限码型，100G需要PMDC。

■非线性效应更复杂，新增了IFWM和IXPM等效应影响。

提纲

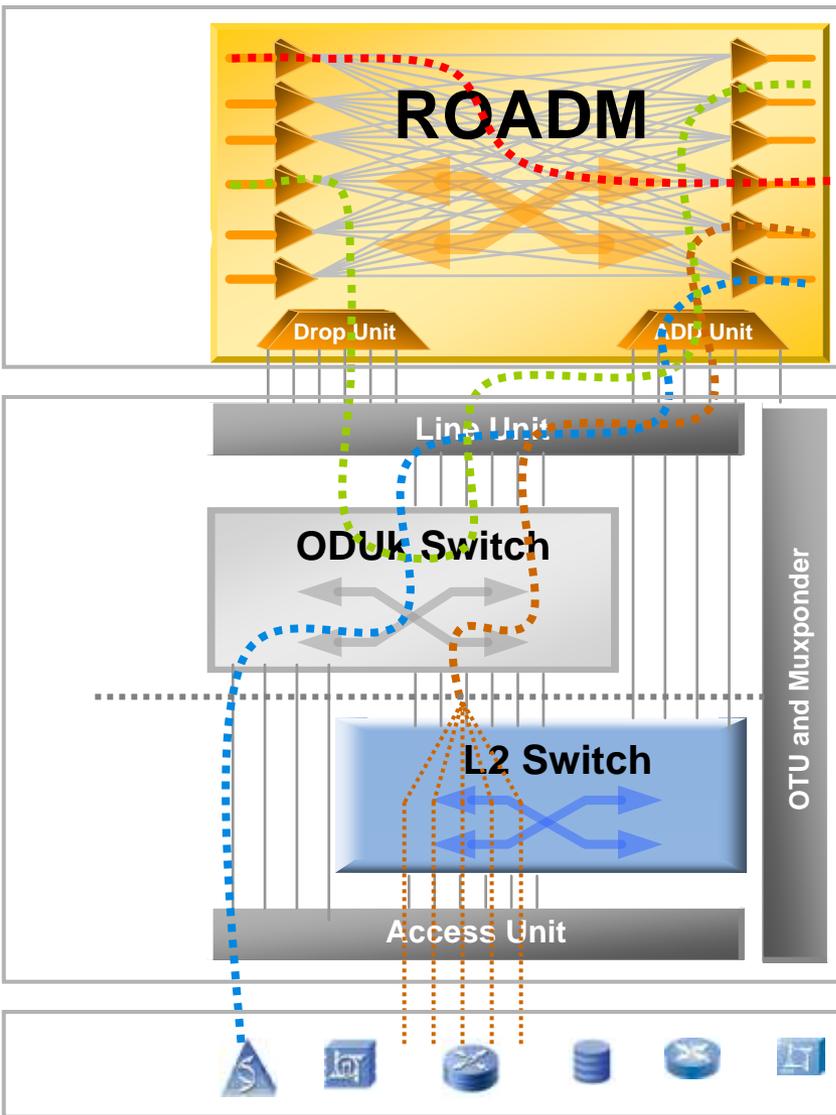
- 波分光网络的新需求
- 波分智能光网络WSON
- 40G应用与技术选择
- 100G的挑战

波分智能光网络 (WSON) 的功能



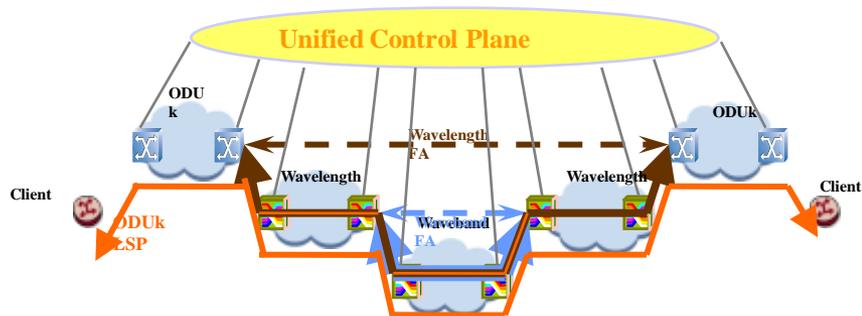
WSON 是解决下一代WDM网络智能化的方案

WSON之传送平面支持多层流量调度



三层流量疏导

- 多维度ROADM系统，提供波长级交叉调度功能
- ODUk交叉矩阵，提供子波长级调度
- 通过L2层交换，提供IP业务统计复用、汇聚功能



WSOON之控制平面_PCE

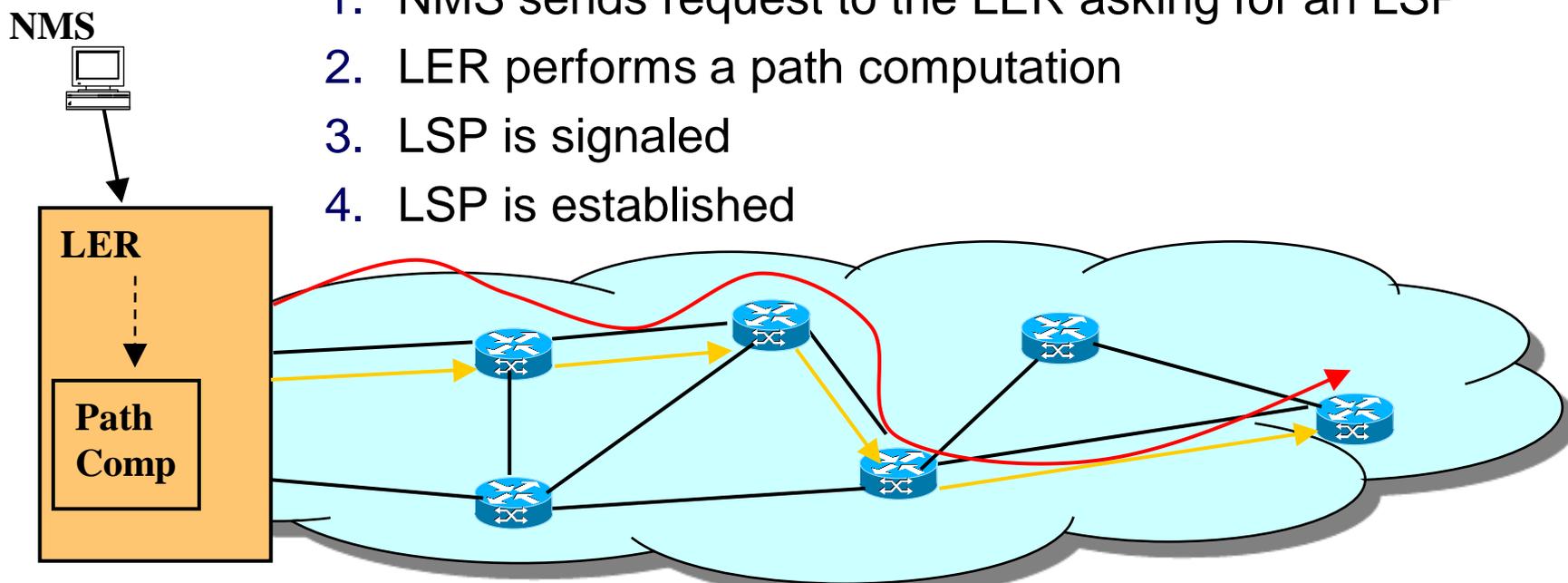
■ RFC4655—A Path Computation Element (PCE)-Based Architecture

■ PCE—路径计算单元 (Path Computation Element)

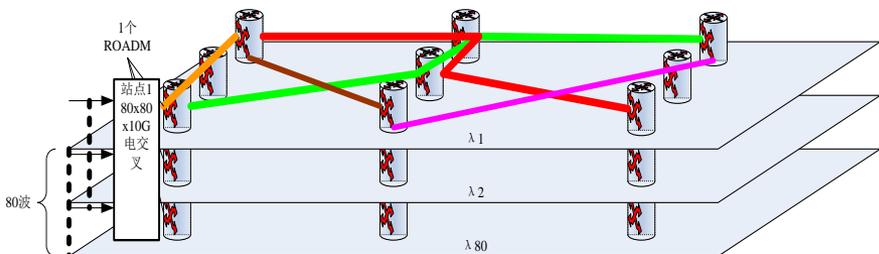
- 基于网络拓扑，使用约束条件，能够计算出路径/路由的实体（组件、应用程序或网络节点）
- PCE可位于网络节点上，也可以是一个网络外的服务器等
- PCE访问流量工程数据库TED，按带宽和其它约束条件，计算TE LSP路径

■ 现在的MPLS-TE部署中路径计算是LERs的一个功能模块

1. NMS sends request to the LER asking for an LSP
2. LER performs a path computation
3. LSP is signaled
4. LSP is established



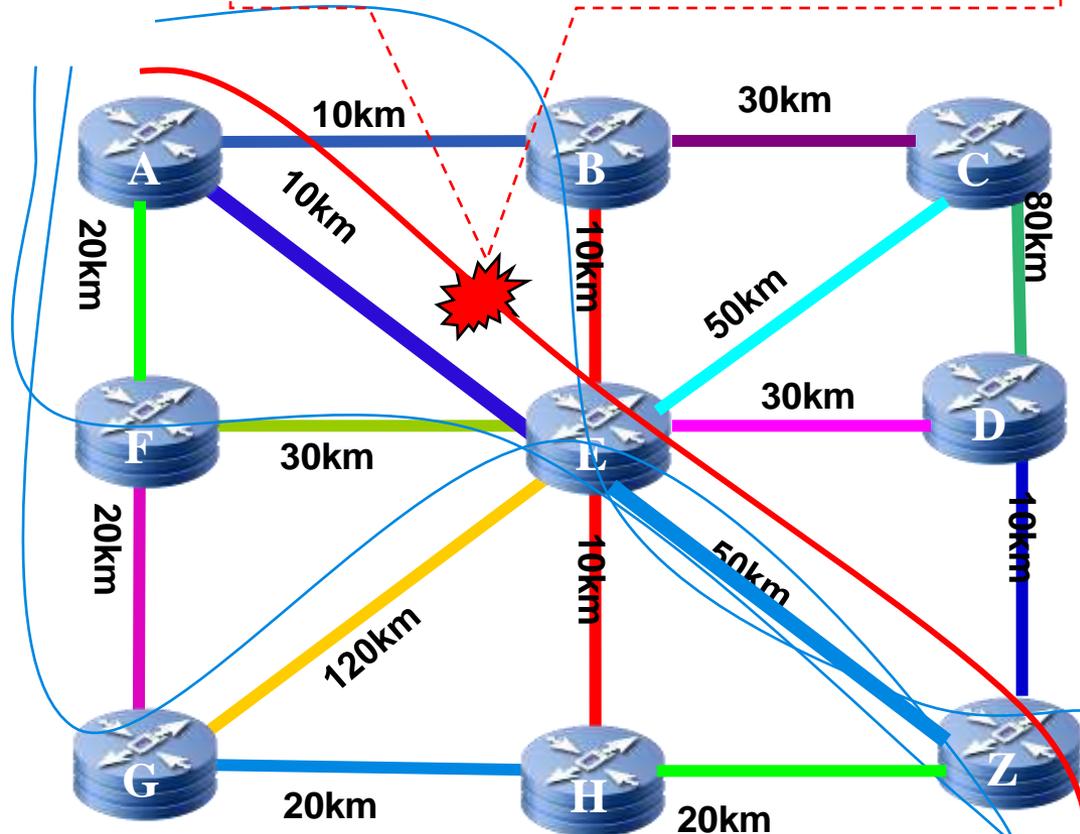
WSON之控制平面_RWA 模型 一有阻



存在多条路由，分配波长会受限于节点波长交叉能力：不支持波长变换（波长连续性）或波长变换器数目有限等造成路径1受限

波长分配算法：

- Random Wavelength Assignment
- First-Fit
- Least-Used
- Most-Used
- Least-Load



WSON之控制平面_RWA模型—光物理损伤

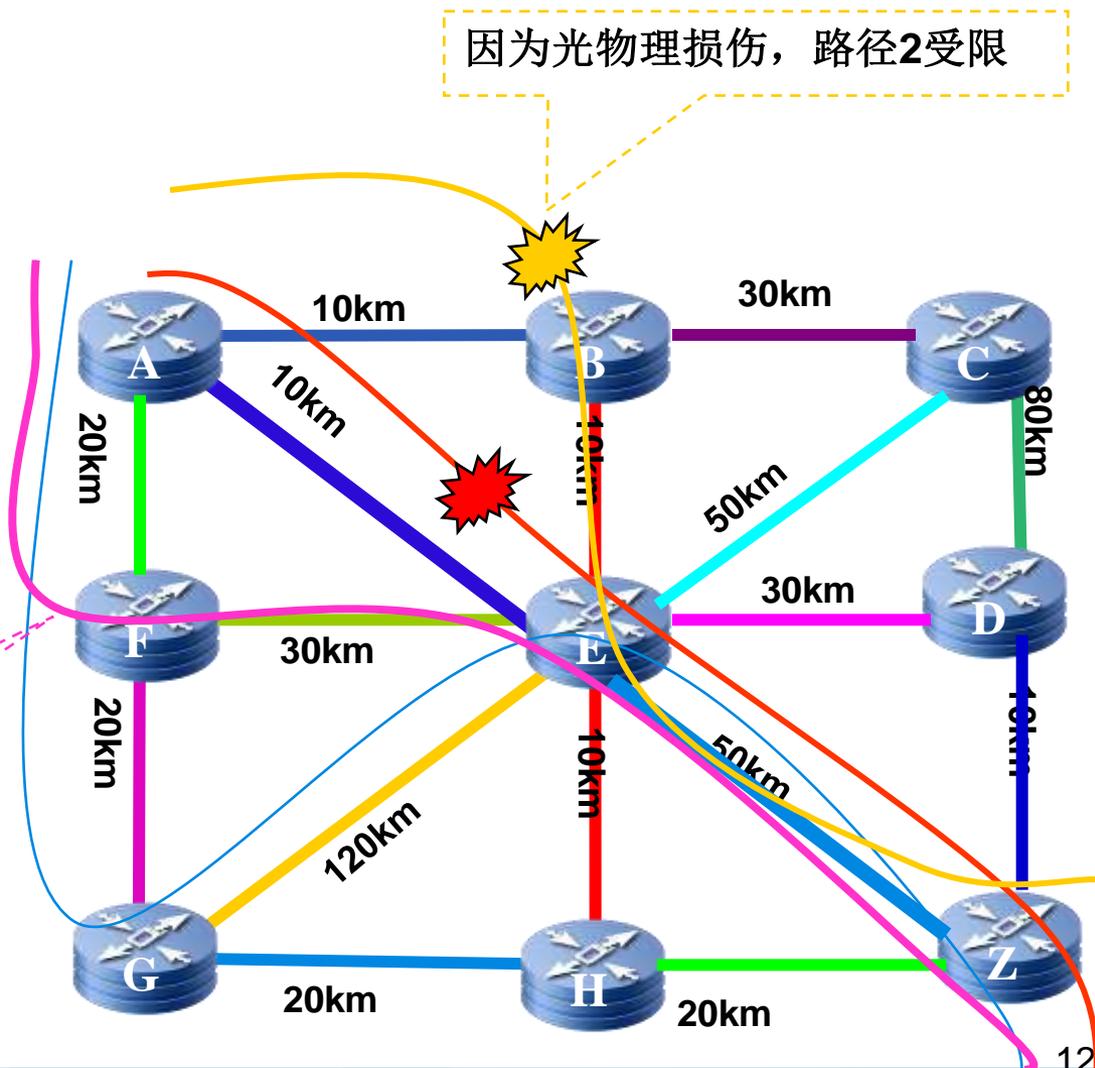
光物理损伤:

- 比较容易量化计算的参数, 如链路的损耗、色散、PMD、放大器的噪声等
- 有些参数目前还很难有效量化计算或者需要仿真计算, 如多种非线性效应

对光损伤的标准化还有大量工作要做

因为光物理损伤, 路径2受限

选择路径3



提纲

- 波分光网络的新需求
- 波分智能光网络WSON
- 40G应用与技术选择
- 100G的挑战

40G DWDM商用化步伐



- 40G的商用北美占比约60%，西欧约30%，亚太不足10%；
- 北美：AT&T 08年完成IP MPLS骨干网升级、Verizon升级了超过一打的链路；
- 欧洲：Telefonica、DT、FT、BT等规划40GDWDM网络建设及小规模商用试点；
- 亚太：NTT在Tokyo—Osaka部署了40G，澳大利亚电信、越南VNPT、马来西亚电信等也在规划或建设40G商用网；
- 国内：中国电信、中国联通开始部署商用40G传输网。

40G技术

40G技术



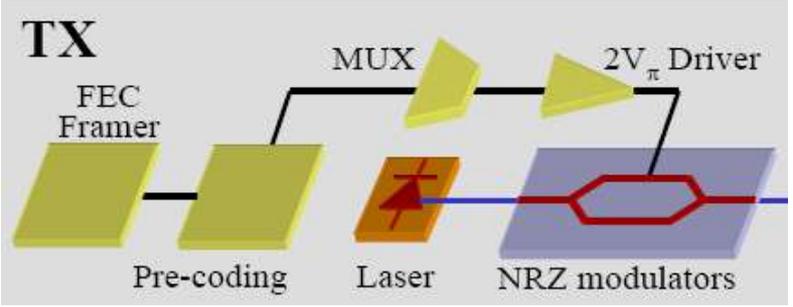
40Gb/s调制技术

40G可以分为3代

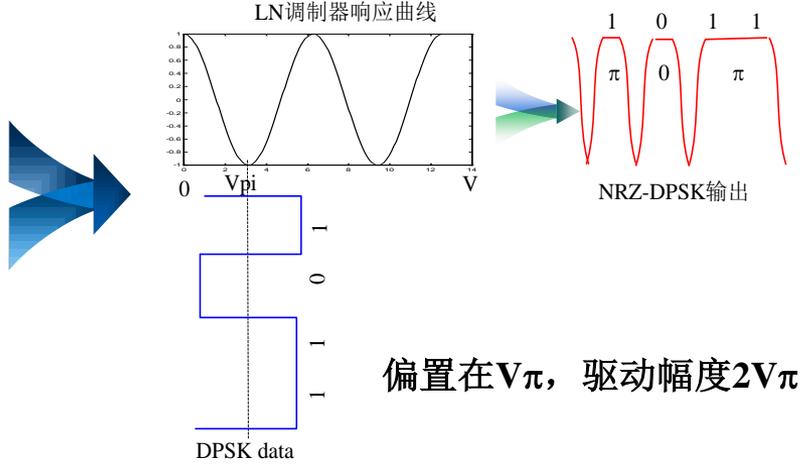
- 第一代：以NRZ/ODB/CS-RZ为主流，以非标准模块、非标OTN为特征，性能较差；
- 第二代：以DPSK/RZ-DQPSK为主流，客户侧和线路侧采用标准MSA300模块，符合OTN标准，性能基本满足工程需要；
- 目前开始开发第三代：以DPSK/RZ-DQPSK为主流，提高集成度、降低功耗、进一步优化提高产品性能及可用性。更适用于100G的PM-QPSK也会在40G得到一定规模应用。

40G调制技术—DPSK

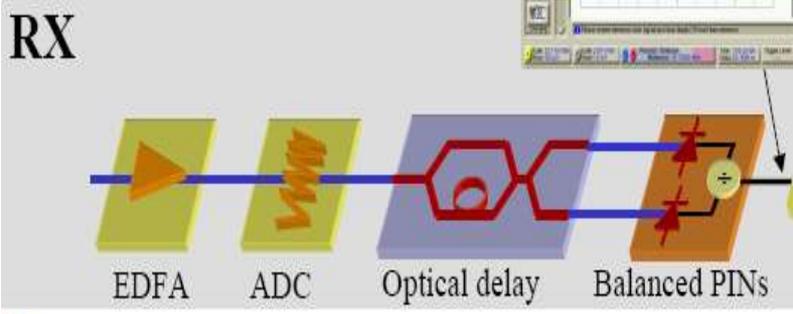
1 发送端框图



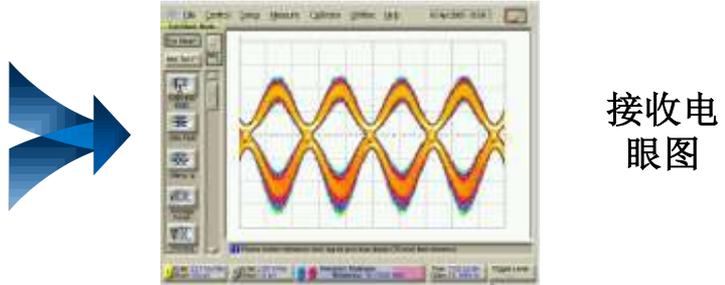
NRZ信号→差分预编码（与ODB的一样）→对MZ进行强度调制。



2 接收端框图



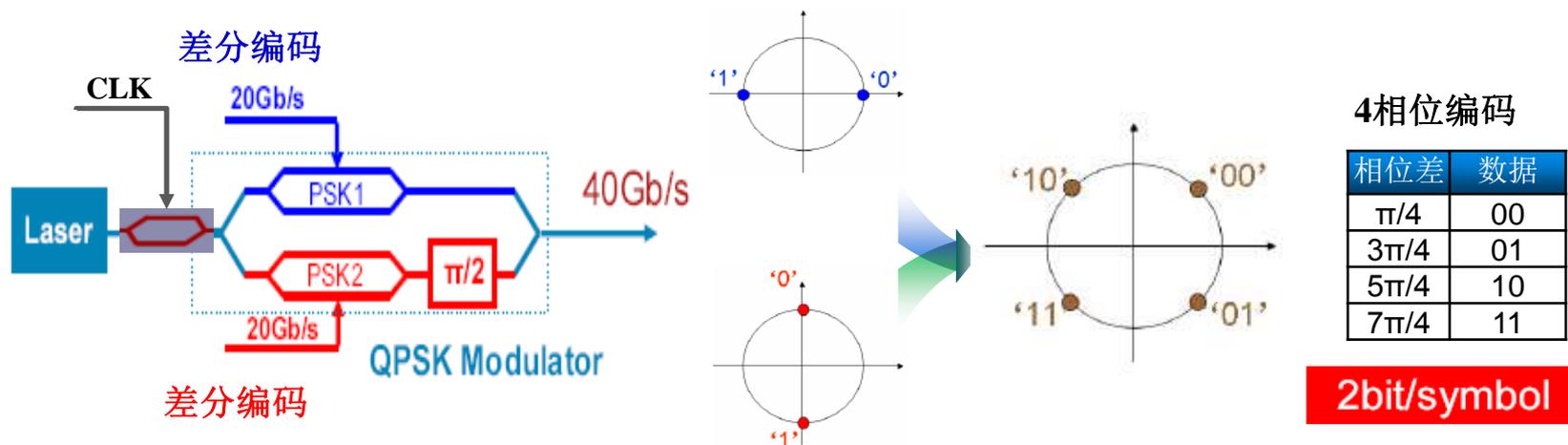
DPSK光信号→MZDI（MZ延时干涉器）→平衡接收机。



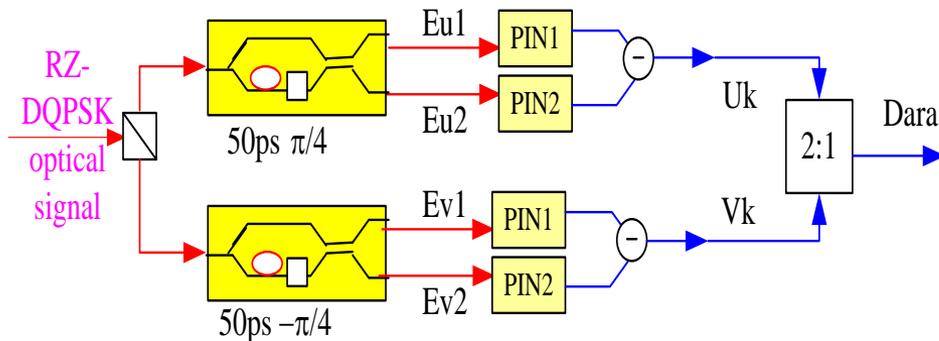
接收电眼图

40G调制技术—RZ-DQPSK调制原理

1 发送端框图 --- 两路20G DPSK信号的叠加



2 接收端框图

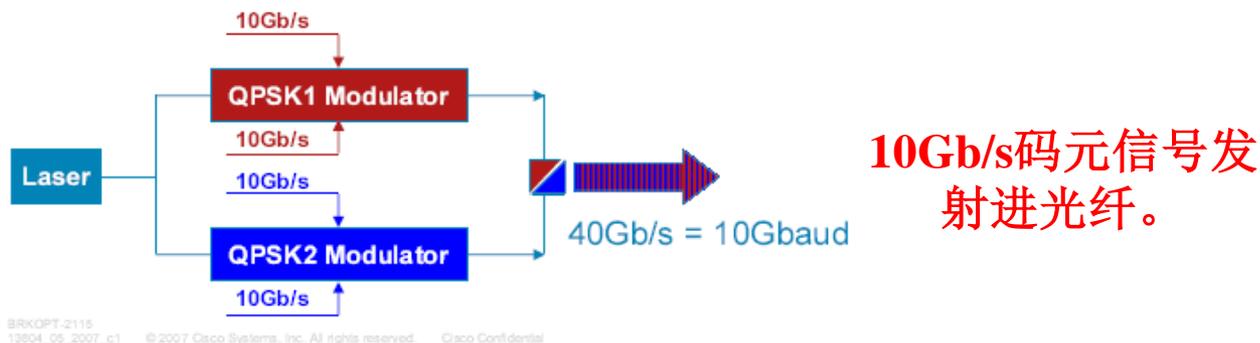
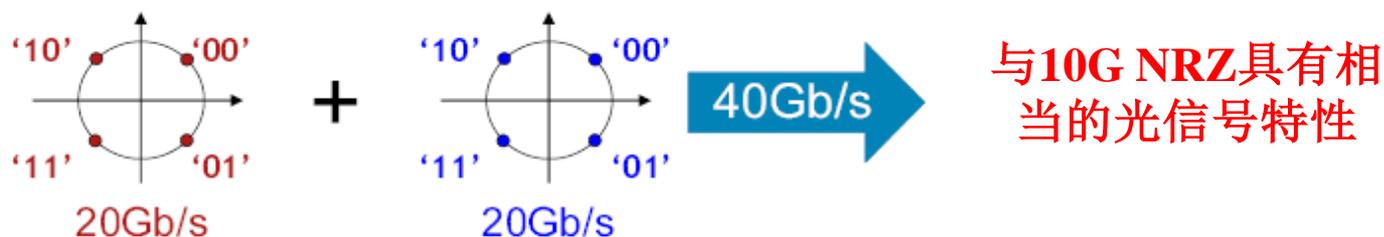


分奇偶比特，两路分别进行DPSK接收。

■DQPSK的接收端较为复杂，需要两个干涉仪才能解调出信号，这使得DQPSK对干涉仪的失调更为敏感。

40G调制技术— PM-(D)QPSK

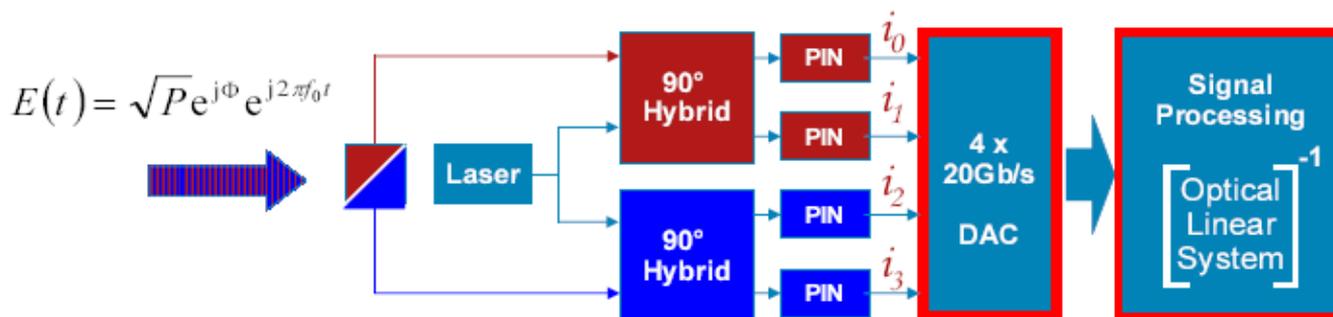
■ 发送端：两路QPSK信号复用到光脉冲的偏振模式上；



原始光信号通过PBS分成两路偏振态正交（V/H方向）的信号。每一路实现(D)QPSK调制。
V方向和H方向的两路已调信号经PBC耦合，形成PM-(D)QPSK信号进行传输。

40G调制技术— PM-(D)QPSK

■ **接收端**：相干探测+数字信号处理；



- 需要采用相干接收
- 可以应用10G的电器件
- 可以电域补偿色度色散和PMD色散
- 实现技术及其复杂

40G调制技术比较

关键参数	P-DPSK	RZ-DQPSK	PM-QPSK
信号波特率 (GHz)	40	20	10
50GHz波长间隔	支持	支持	支持
OSNR _{B-B} 容限 (dB, BOL)	<13.5	<12.5	<11
色散容限 (+TDC)	良好	良好	+DSP, 优
PMD容限 (ps)	2.5~3	6~8	10+
非线性效应、10G/40G混传	优	中	劣
复杂度/功耗/可用性	优	中	劣

➤ 正常光缆的典型PMD值在 $0.06\text{ps}/\text{km}^{1/2}$ 以下，这样1000km系统DGD不会超过2.5ps；但个别跨段的PMD异常可能限制了中继距离；

➤如果是OSNR受限系统：PM-QPSK受限于非线性效应，允许的入纤光功率比P-DPSK约低5dB，即使省去DCM可以改善系统OSNR（~1.5dB）；RZ-DQPSK受限于非线性效应要求入纤光功率略低于P-DPSK，因此无电中继传输距离三者相当。

40G波分系统面临的问题

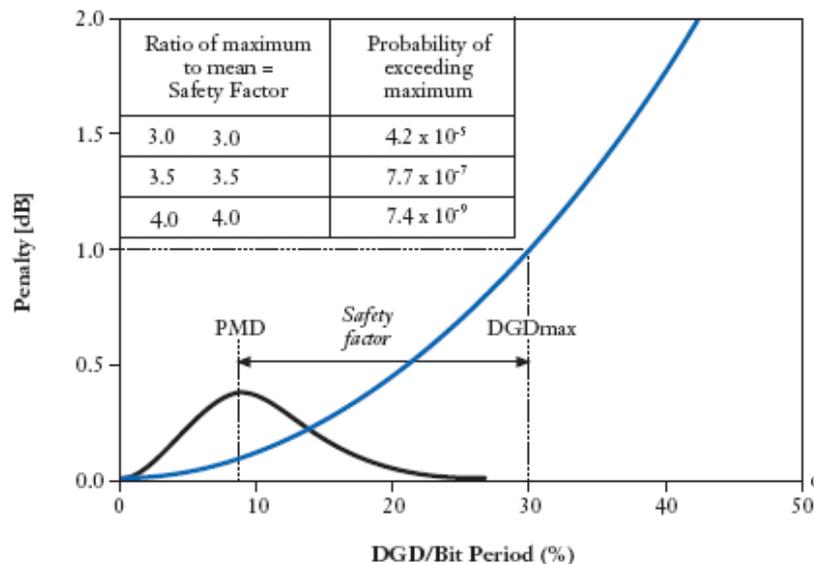
➤ 40G业务保护

- 目前40GOTU内置的光可调色散补偿模块（TDC）调节响应速度在秒级，造成40G保护方案单一
- 未来应发展自适应电色散补偿（EDC）

➤ 系统PMD容限问题

- 对PMD容限的认识问题
- 系统的DGD需要根据实测来计算；个别PMD异常的跨段起主导
- 需要开发PMDC技术

➤ 维护问题：OSNR等测量困难



提纲

- 波分光网络的新需求
- 波分智能光网络WSON
- 40G应用与技术选择
- 100G的挑战

100G标准进展 (1)



■ IEEE 802.3ba D20

- 定义100GbE和40GbE客户接口，目标是2010年6月完成

40GE	40GE BASE-LR4	at least 10 km on single mode fiber (SMF)
	40GE BASE-SR4	at least 100 m on OM3 multi mode fiber (MMF)
	40GE BASE-CR4	at least 10 m over a copper cable assembly
	40GE BASE-KR4	at least 1 m over a backplane
100GE	100GE BASE-ER4	at least 40 km on single mode fiber (SMF)
	100GE BASE-LR4	at least 10 km on single mode fiber (SMF)
	100GE BASE-SR10	at least 100 m on OM3 multi mode fiber (MMF)
	100GE BASE-CR10	at least 10 m over a copper cable assembly

- 40GE/100GE模块: CFP MSA, 众多模块厂商参与, 已发布了《CFP MSA draft 1.0 23 march 2009》

100G标准进展（2）

■ ITU-T SG15

- G.709 OTU-4 定义了112Gbps速率
- 映射/复用方式还在讨论



■ OIF

- SFI-S: 定义了4-20Lanes 宽泛的接口
- 100G ULH DWDM Framework
- FEC算法: LDPC



100G技术

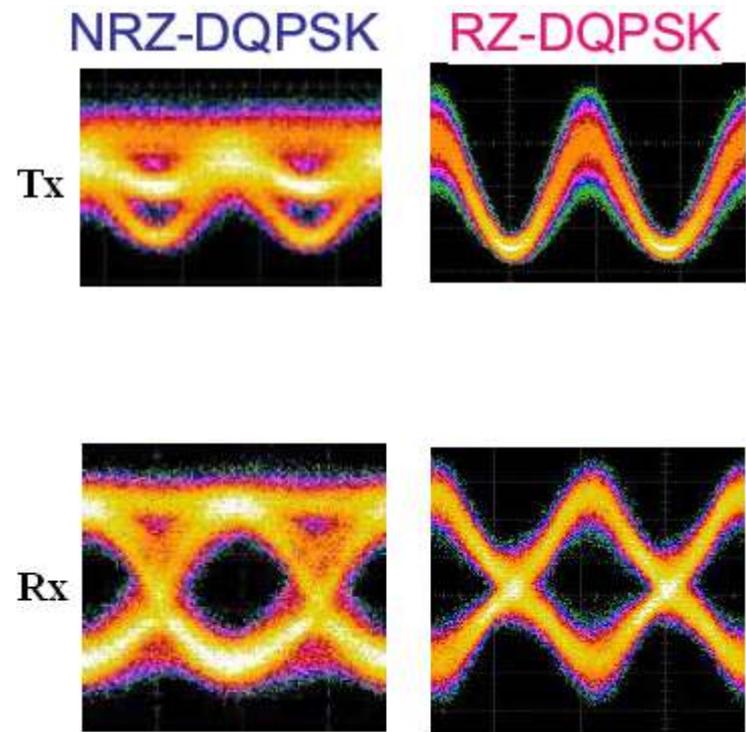
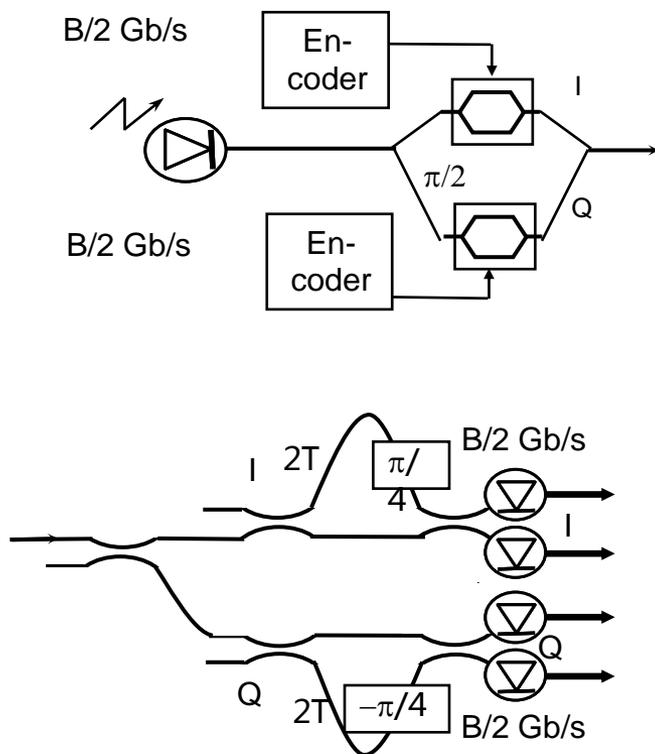
- **100G光调制/接收技术**
- **FEC/OTN**
- **工程化技术：光集成、超高速芯片**

100G技术—光调制技术（1）

- (RZ-)DQPSK
 - (RZ-) Differential Quadrature Phase Shift Keying
- PM-(D)QPSK
 - Polarization Multiplexed (D)QPSK
- OFDM
 - Orthogonal Frequency Division Multiplexing

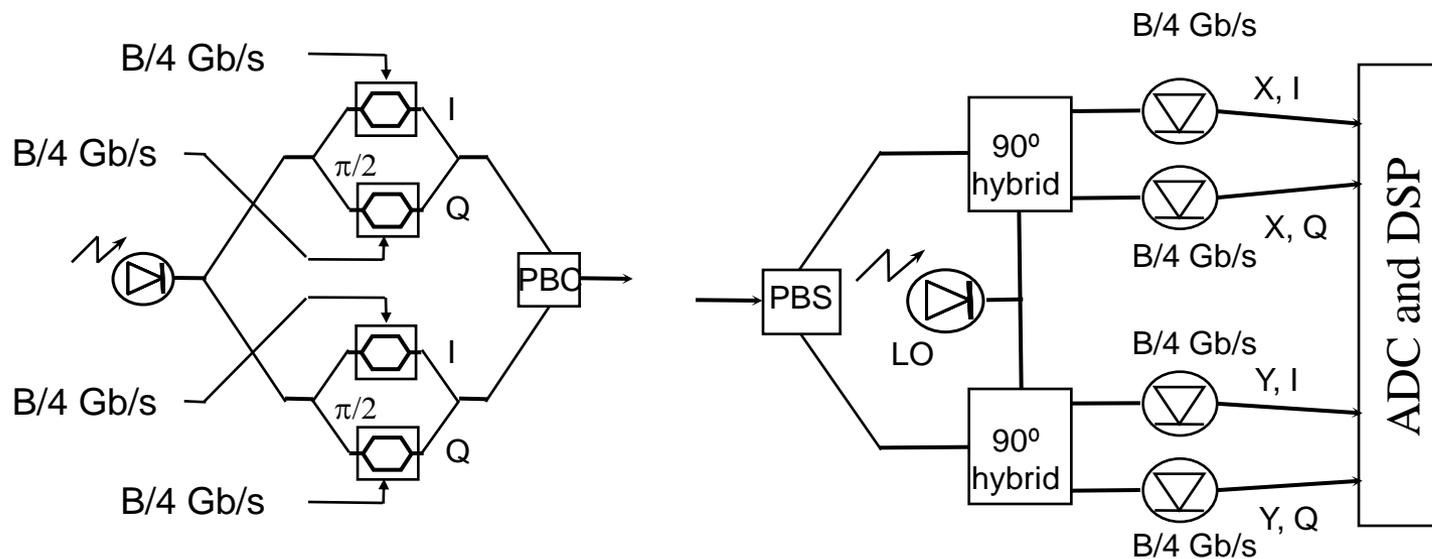
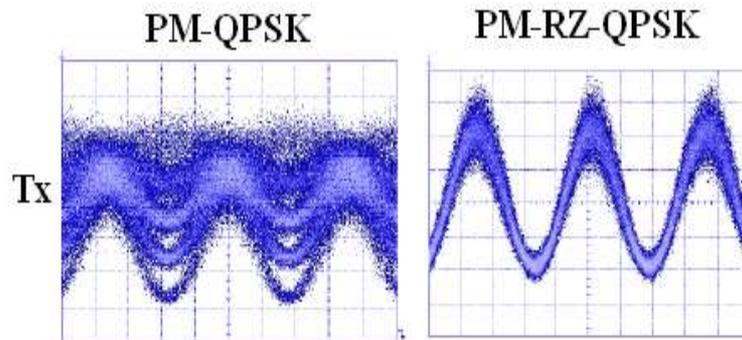
100G技术—光调制技术（2）

■ (RZ-)DQPSK



100G技术—光调制技术 (3)

■ PM-(D)QPSK (1/2)



100G技术—光调制技术（4）

■ OFDM (1/2)

● 特点：

- **OFDM**需要与其它调制技术组合使用，我们看好**OFDM-QPSK**
- 相比其它调制技术，显著降低了信号波特率，可以大大改善**CD**和**PMD**容限。
- 相比无线系统，信道稳定的多，**DSP**处理可以简单一些。

● 问题：

- 光纤的非线性，尤其功率峰均值比高，只能通过控制入纤光功率、色散管理等方法尽可能避免。
- 正交多载波产生是难题之一；高速**ADC**、**DAC**、**DSP**等也是技术障碍。
- 目前还没有较切实可行的实现方案。

100G技术—光调制技术（5）

■ OFDM（2/2）

- 目前业界研究较多的双载波实现方案，接收端用常规的光滤波器分开两波长方案较适用于**100GHz**通道间隔。
- 要用于**50GHz**通道间隔系统：
 - 发送端两载波正交+接收端**DSP**处理，复杂；
 - 或者发送端两载波偏振复用，在接收端需要偏振跟踪或**DSP**处理
- 性能：
 - **OSNR**容限等相比**PM-QPSK**没有改善

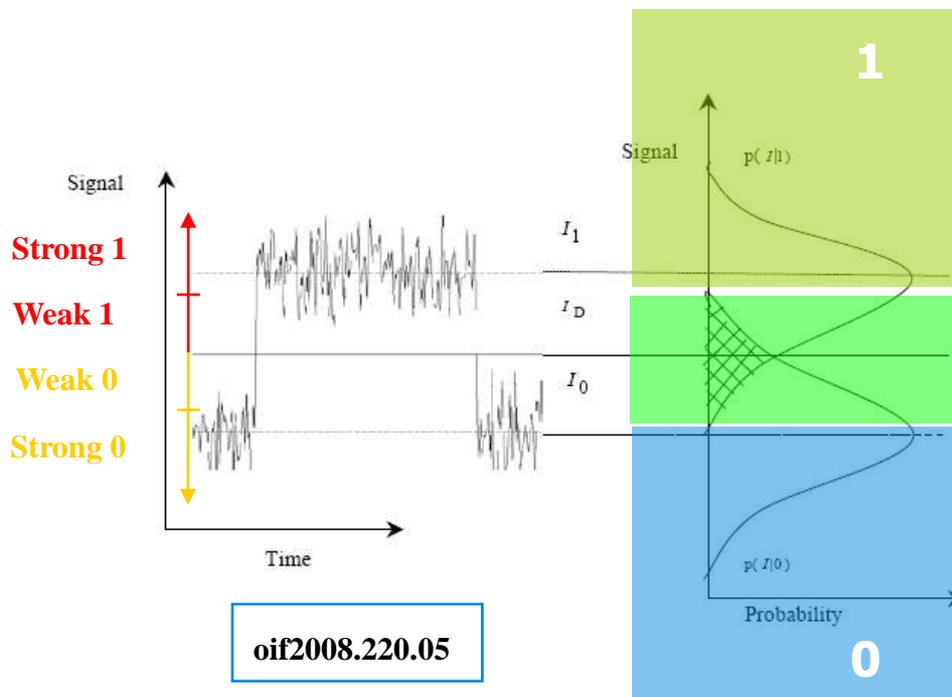
100G技术—光调制技术（6）

调制方式	RZ-DQPSK 非相干接收	PM-QPSK 相干接收	两载波非相干 OFDM-QPSK	多载波相干 OFDM-QPSK
波特率 (GB/s)	56	28	28	<28
支持50G间隔	有明显损伤	好	有困难	好
OSNR _{B-B} 容限(dB, PerBER=1* 10 ⁻³)	~18	~16	~18	~16
CD 容限	很差	好	+ToDC	好
PMD 容限	差	好	中	好
非线性	较好	较差	较好	差

- **PM-QPSK**应是**100G**的主流技术
- 光调制技术达到的性能与**10G**相比有明显差距
(**10G**OSNR_{B-B}容限优于**12dB**，考虑**PM-QPSK**合适的入纤光功率低于**-3dBm**，等效OSNR差了**6dB**以上)

100G技术—FEC/OTN

- 更高NCG的FEC，看好OH 20%的LDPC，改善OSNR 2dB以上
- 软判决（SD），争取改善OSNR 1dB
这样跟10G比可能还差2dB，其它方案？



100G总结

- **100G需求是明显的**
- **100G标准未来2年内将完成**
- **100G技术性能有待提高**

ZTE中兴

Thanks!

Talking to the future